

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI KOMPARASI PENGARUH LINGKUNGAN  
TERHADAP PERFORMANSI INSTRUMEN DI BOILER  
PT. PERTAMINA RU IV CILACAP DAN  
PT. PERTAMINA RU VI BALONGAN**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh:**

**ANTON HERMANTO  
NRP. 2410100088**

**Surabaya, 5 Agustus 2014  
Mengetahui/Menyetujui**

**Pembimbing I,**

**Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc  
NIP. 19600901198701001**

**Pembimbing II,**

**Ir. Silvana Da Costa, M.KKK.**



**Ketua Jurusan  
Teknik Fisika, FTI – ITS**

**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA  
NIP. 196503091990021001**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **STUDI KOMPARASI PENGARUH LINGKUNGAN TERHADAP PERFORMANSI INSTRUMEN DI BOILER PT. PERTAMINA RU IV CILACAP DAN PT. PERTAMINA RU VI BALONGAN**





#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ANTON HERMANTO**  
**NRP 2410100088**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- |                                   |   |                       |
|-----------------------------------|---|-----------------------|
| 1. Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc     |    | ..... (Pembimbing I)  |
| 2. Ir. Silvana Da Costa, M.KKK    |   | ..... (Pembimbing II) |
| 3. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA |  | ..... (Penguji I)     |
| 4. Arief Abdurrahman, ST., MT     |  | ..... (Penguji II)    |

**SURABAYA, AGUSTUS 2014**

# **STUDI KOMPARASI PENGARUH LINGKUNGAN TERHADAP PERFORMANSI INSTRUMEN DI BOILER PT. PERTAMINA RU IV CILACAP DAN PT. PERTAMINA RU VI BALONGAN**

**Nama Mahasiswa** : Anton Hermanto  
**NRP** : 2410 100 088  
**Jurusan** : Teknik Fisika FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc  
**Dosen Pembimbing II** : Ir. Silvana Da Costa, MKKK

## **Abstrak**

*Boiler* adalah salah satu *equipment* yang memiliki peran sentral dalam sebuah *plant* oleh karena itu kegagalan boiler harus dihindarkan. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan kegagalan pada boiler yaitu faktor lingkungan. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap performansi suatu instrumen yang dalam hal ini adalah *reliability* dari suatu instrumen tersebut. Dari Data maintenance akan dihitung nilai MTTF, *failure rate* dan PFD dari masing-masing instrumen kemudian hasil dari perhitungan tersebut akan dilakukan analisa dengan metode regresi untuk mengetahui korelasi hubungan kondisi lingkungan terhadap nilai PFD-nya. Dari hasil perhitungan di dapatkan bahwa kondisi lingkungan di PT. Pertamina RU VI Balongan memiliki pengaruh lebih tinggi terhadap nilai PFD dari pada kondisi lingkungan di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Selain itu, apabila ditinjau dari ketiga kondisi lingkungan yang diamati maka SO<sub>2</sub> memiliki pengaruh yang paling besar di banding dengan kedua faktor yang lain yaitu dengan nilai U (ketidakpastian) 0,071 untuk PT. Pertamina RU IV Cilacap dan 0,108 di PT. Pertamina RU VI Balongan.

**Kata Kunci— Boiler, Kondisi Lingkungan, Kegagalan Instrumen, Regresi**

**COMPARISON STUDY ON THE EFFECT OF  
ENVIRONMENT ON THE PERFORMANCE OF  
INSTRUMENT IN BOILER PT. PERTAMINA RU IV  
CILACAP AND PT. PERTAMINA RU VI BALONGAN**

<b>Name</b>	<b>: Anton Hermanto</b>
<b>NRP</b>	<b>: 2410 100 088</b>
<b>Department</b>	<b>: Teknik Fisika FTI-ITS</b>
<b>Supervisor I</b>	<b>: Dr. Ir. Ali Musyafa', M.Sc</b>
<b>Supervisor II</b>	<b>: Ir. Silvana Da Costa, MKKK</b>

**Abstract**

*Boiler is one of the equipment which has a central role in a plant therefore the failure of the boiler should be avoided. One of the factors that can cause failure of the boiler that environmental factors. This analysis was conducted to determine the effect of environment on the performance of an instrument which in this case is the reliability of an instrument. Maintenance of the data values will be calculated MTTF, failure rate and PFD of each instrument and then the results of these calculations will be carried out by the method of regression analysis to determine the correlation relationship of environmental conditions on the value of his PFD. From the calculation in getting that environmental conditions in the PT. Pertamina Balongan RU VI has a higher influence on the PFD value of the environmental conditions in the PT. RU IV Cilacap Pertamina. Moreover, when viewed from the three environmental conditions, the observed SO<sub>2</sub> has the greatest influence on the appeal by two other factors, namely the U value of 0.071 for PT. RU IV Cilacap Pertamina and PT 0.108. Pertamina Balongan RU VI.*

***Key Word— Boiler, Environmental conditions, Instruments failure, Regression***

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Laporan.....	3
1.6 Metodologi Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Boiller</i> .....	5
2.2 <i>Reliability</i> .....	7
2.3 MTTF dan MTTR .....	9
2.4 Regresi .....	10
2.4 Kondisi Lingkungan.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	17
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Analisa Boiller di PT.Pertamina RU IV Cilacap.....	21
4.2 Analisa Boiller di PT.Pertamina RU VI Balongan.....	25
4.3 Analisa Lingkungan di PT. Pertamina RU IV Cilacap dan PT. Pertamina RU VI Balongan .....	26
4.4 Komparasi dan Pembahasan .....	30
BAB V PENUTUP .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	39
LAMPIRAN A (Data dan Perhitungan nilai MTTF) .....	41
LAMPIRAN B (Data dan Perhitungan nilai U) .....	61

LAMPIRAN C ..... 69

LAMPIRAN D ..... 71

LAMPIRAN E ..... 75

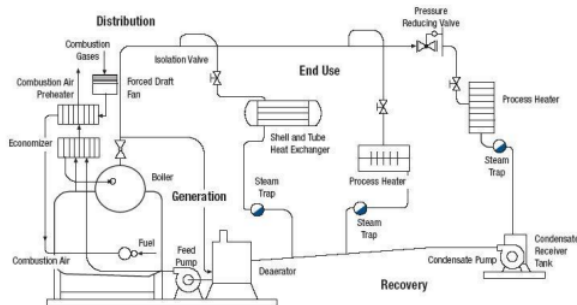
BIOGRAFI PENULIS ..... 79

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 *Boiller*

- **Pengertian Boiler**

Boiler adalah bejana tertutup yang mengantarkan panas pembakaran untuk memanaskan air membentuk uap (steam). Steam pada tekanan tertentu digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Sistem steam berfungsi untuk mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Untuk keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang digunakan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem. Air yang disuplai ke dalam boiler untuk diubah menjadi steam disebut air umpan. Dua sumber air umpan adalah kondensat atau steam yang mengembun kembali setelah proses dan air make up (air baku yang sudah diolah sedemikian rupa sesuai dengan persyaratan air umpan untuk boiler) yang berasal dari pengadaan air bersih.



**Gambar 2.1** Diagram Skematik Boiler (Papar, 2011)

- **Bagian Utama Boiler**

Berikut ini merupakan bagian-bagian utama yang ada pada boiler 52 B 1/2/3 yaitu:

- a) **Burner**

Burner berfungsi mencampur bahan bakar dengan perbandingan tertentu, sehingga reaksi pembakaran dapat berjalan dengan baik dan bahan bakar yang terbakar dapat menghasilkan energi panas yang maksimal.

- b) **Drum Boiler**

Drum boiler berfungsi untuk menampung air yang akan diubah menjadi uap dengan menggunakan panas dari hasil reaksi pembakaran di dalam ruang pembakaran. Terdapat dua jenis drum di boiler yaitu

- **Steam Drum**

Steam drum merupakan tempat menampung steam sekaligus memisahkan antara uap dan air. Di dalam steam drum ini terdapat cyclone separator berfungsi untuk memisahkan uap dari pengotor air umpan ketel dan steam dryer untuk mengeringkan steam hasil produksi.

- **Mud Drum**

Mud drum berfungsi untuk mengumpulkan air panas yang akan didistribusikan ke dalam wall tube. Terdapat pipa yang berfungsi untuk pembuangan berkala.

- c) **Water Tube**

Water tube merupakan pipa-pipa yang dilewati air di dalam boiler digunakan sebagai tempat pemanasan air.

- d) **Furnace**

Furnace adalah ruang tempat pembakaran. Dinding, atap, dan lantai ruang pembakaran terdiri dari tube-tube (wall tube)

- e) **Combustion Chamber**

Combustion chamber berfungsi untuk tempat pembakaran fuel oil dan memindahkan panas ke dalam air yang berada di sekelilingnya. Berbentuk silinder dan bergelombang letaknya horizontal.



f) Superheater Tube

Superheater tube berfungsi untuk memanaskan uap jenuh (saturated steam) menjadi uap lanjut (superheated steam).

g) Forced Draft Fan (FDF)

Forced Draft Fan adalah alat pendorong udara untuk pembakaran pada ketel uap yang melalui lorong udara (duct) sebelum bercampur dengan bahan bakar.

h) Man Hole (Lubang Laluan)

Man hole berfungsi sebagai tempat aktifitas pekerja saat melakukan perawatan dan perbaikan. Letak man hole berada di atas dan bagian belakang drum boiler. Setelah perawatan maka man hole akan ditutup kembali agar tidak ada kebocoran saat boiler beroperasi.

i) Stack (Cerobong)

Stack berfungsi untuk membuang gas sisa pembakaran ke atmosfer setelah melewati gas duct.

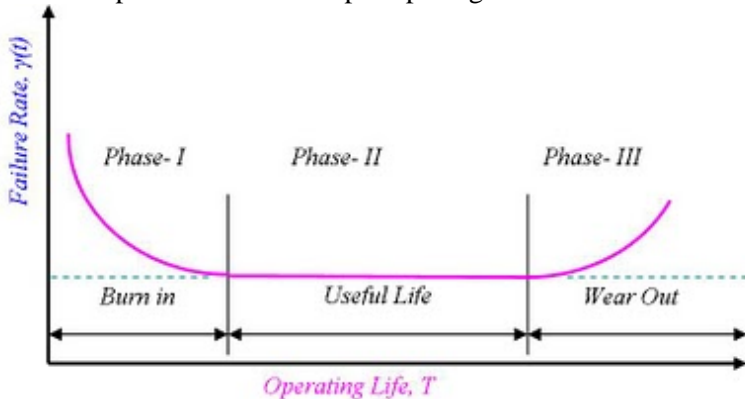
## 2.2 *Reliability*

Keandalan / *Reliability* dapat didefinisikan sebagai nilai probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan sukses menjalani fungsinya, dalam jangka waktu dan kondisi operasi tertentu. Keandalan dapat dirumuskan sebagai integral dari distribusi probabilitas suksesnya operasi suatu komponen atau sistem, sejak waktu mulai beroperasi (*switch on*) sampai dengan terjadinya kegagalan (*failure*) pertama.

- Laju Kerusakan ( *Failure Rate* )

Dalam masa kerjanya, suatu komponen atau sistem mengalami berbagai kerusakan. Kerusakan – kerusakan tersebut akan berdampak pada performa kerja dan efisiensinya. Kerusakan – kerusakan tersebut apabila dilihat secara temporer, maka ia memiliki suatu laju tertentu yang berubah – ubah. Laju kerusakan (*failure rate*) dari suatu komponen atau sistem merupakan dinamic object dan mempunyai performa yang berubah terhadap waktu  $t$  ( sec, min, hour, day, week, month and year). Keandalan komponen / mesin erat kaitannya dengan laju

kerusakan tiap satuan waktu. Hubungan antara kedua hal tersebut ditunjukkan apabila pada saat  $t = 0$  dioperasikan sebuah komponen kemudian diamati banyaknya kerusakan pada komponen tersebut maka akan didapat bentuk kurva seperti pada gambar berikut:



**Gambar 2.2** Grafik Failure Rate<sup>[3]</sup>

Grafik diatas adalah Bathtub Curve yang terbagi menjadi tiga daerah kerusakan, ketiga daerah tersebut adalah:

a) *Burn – in Zone (Early Life)*

Daerah ini adalah periode permulaan beroperasinya suatu komponen atau sistem yang masih baru (sehingga *reliability* – nya masih 100% ), dengan periode waktu yang pendek. Pada kurva ditunjukkan bahwa laju kerusakan yang awalnya tinggi kemudian menurun dengan bertambahnya waktu, atau diistilahkan sebagai *Decreasing Failure Rate* (DFR). Kerusakan yang terjadi umumnya disebabkan karena proses *manufacturing* atau fabrikasi yang kurang sempurna.

b) *Useful Life Time Zone*

Periode ini mempunyai laju kerusakan yang paling rendah dan hampir konstan, yang disebut *Constant Failure Rate* (CFR). Kerusakan yang terjadi bersifat random dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Ini adalah periode dimana sebagian besar umur pakai komponen atau sistem berada. Dalam analisa, tingkat

kehandalan sistem diasumsikan berada pada periode *Useful life time*, dimana *failure rate* - nya konstan terhadap waktu. Asumsi ini digunakan karena pada periode *early life time* tidak dapat ditentukan apakah sistem tersebut sudah bekerja sesuai dengan standar yang ditentukan atau belum. Sedangkan pada periode *wear out time*, tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi *failure*. Pada periode *useful life time*, dimana *failure rate* - nya adalah konstan, persamaan *reliability* yang digunakan:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

c) Wear Out Zone

Periode ini adalah periode akhir masa pakai komponen atau sistem. Pada periode ini, laju kerusakan naik dengan cepat dengan bertambahnya waktu, yang disebut dengan istilah *Increasing Failure Rate* (IFR). Periode ini berakhir saat *reliability* komponen atau sistem ini mendekati nol, dimana kerusakan yang terjadi sudah sangat parah dan tidak dapat diperbaiki kembali.

### 2.3 MTTF dan MTTR

Mean Time To Failure (MTTF) adalah waktu rata-rata kegagalan yang terjadi selama beroperasi dari suatu sistem. MTTF adalah salah satu ukuran reliabilitas yang paling banyak digunakan. Secara sederhana didefinisikan sebagai harapan atau nilai mean waktu kerusakan  $T$ , dinotasikan sebagai  $E(T)^{[4]}$ . Karena itu:

$$MTTF = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (10.1)$$

MTTF mungkin diekspresikan secara langsung dalam kaitannya reliabilitas sistem melalui substitusi hubungan berikut ke dalam persamaan (3.21):

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt}$$

$$MTTF = - \int_0^{\infty} t \frac{dR(t)}{dt} dt$$

atau

$$MTTF = -tR(t)|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (10.2)$$

Karena  $t(R)(t) \rightarrow 0$  untuk  $t \rightarrow 0$  dan  $t(R)(t) \rightarrow 0$  untuk  $t \rightarrow \infty$ , maka persamaan (10.2) dapat ditulis sebagai

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (10.3)$$

MTTF tersebut adalah rata-rata waktu kerusakan; tidak memberikan tambahan informasi tentang distribusi TTF (waktu sampai kerusakan). Simpangan baku dari TTF didefinisikan sebagai

$$\sigma_{TTF} = \sqrt{\int_0^{\infty} t^2 f(t) dt - MTTF^2} \quad (10.4)$$

MTTR (*Mean Time To Repair*) adalah waktu rata-rata yang diperlukan untuk memperbaiki suatu kegagalan. Dalam praktek, kadang-kadang perhitungan MTTR tidak hanya mencakup waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan tetapi juga waktu yang diperlukan untuk persiapan, memanggil ahlinya, mendatangkan barang, dan sebagainya. Nilai MTTF dihitung langsung dari data maintenance yang di miliki oleh PT. Pertamina sedangkan *failure rate* dan PFD dihitung berdasarkan nilai MTTF dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{1}{MTTF}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2}$$

## 2.4 Regresi

Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi.<sup>[8]</sup> Untuk menentukan bentuk hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi

simbul X dan variabel tak bebas dengan simbul Y. Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain adanya keterikatan variabel yang satu dengan variabel yang lainnya dan sebaliknya. Kedua variabel biasanya bersifat kausal atau mempunyai hubungan sebab akibat yaitu saling berpengaruh. Sehingga dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variabel tak bebas Y dengan variabel bebas X atau dapat dinyatakan bahwa regresi adalah sebagai suatu fungsi  $Y = f(X)$ . Bentuk regresi tergantung pada fungsi yang menunjangnya atau tergantung pada persamaannya. Ada beberapa macam jenis regresi yaitu:

- **Regresi linier**

Regresi linier adalah bentuk hubungan di mana variabel bebas X dengan variabel terikat Y sebagai faktor yang berpangkat satu. Regresi linier dibedakan menjadi 2 yaitu regresi linier sederhana dengan bentuk fungsi tunggal  $Y = a + bX + e$

dan regresi linier berganda dengan bentuk fungsi  $Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n + e$

- **Regresi non linier**

Regresi non linier ialah bentuk hubungan atau fungsi di mana variabel bebas X dan atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu, variabel bebas X dan atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai penyebut (fungsi pecahan), maupun variabel X dan atau variabel Y dapat berfungsi sebagai pangkat fungsi eksponen. Regresi non linier dapat dibedakan menjadi:

a) **Regresi polinomial**

ialah regresi dengan sebuah variabel bebas sebagai faktor dengan pangkat terurut. Bentuk-bentuk fungsinya adalah sebagai berikut.

$$Y = a + bX + cX_2 \text{ (fungsi kuadratik).}$$

$$Y = a + bX + cX_2 + bX_3 \text{ (fungsi kubik)}$$

$Y = a + bX + cX_2 + dX_3 + eX_4$  (fungsi kuartik), dan seterusnya. Selain bentuk fungsi di atas, ada suatu bentuk lain dari fungsi kuadrat, yaitu dengan persamaan:

$$Y = a + bX + cX^{(1/2)},$$

Sehingga, modifikasi dari fungsi kubik adalah:

$$Y = a + bX + cX^{(1/2)} + dX^{(3/2)},$$

Dari contoh-contoh tersebut di atas perhatikan pangkat dari variabel bebas  $X$ .

b) Regresi hiperbola (fungsi resiprokal).

Pada regresi hiperbola, di mana variabel bebas  $X$  atau variabel tak bebas  $Y$ , dapat berfungsi sebagai penyebut sehingga regresi ini disebut regresi dengan fungsi pecahan atau fungsi resiprok. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi seperti:

$$1/Y = a + bX \quad \text{atau} \quad Y = a + b/X.$$

Selain itu, ada bentuk campuran seperti:

$$1/Y = a + bX + cX^2,$$

dan masih banyak lagi bentuk-bentuk lainnya.

c) Regresi fungsi perpangkatan atau geometrik.

Pada regresi ini mempunyai bentuk fungsi yang berbeda dengan fungsi polinomial maupun fungsi eksponensial. Regresi ini mempunyai bentuk fungsi:

$$Y = a + b^X.$$

d) Regresi eksponensial.

Regresi eksponensial ialah regresi di mana variabel bebas  $X$  berfungsi sebagai pangkat atau eksponen. Bentuk fungsi regresi ini adalah:

$$Y = a e^{bX} \quad \text{atau} \quad Y = a 10^{bX}.$$

Modifikasi dari bentuk di atas adalah:

$$1/Y = a + b e^{cX},$$

ini disebut kurva logistik atau "tipe umum dari model pertumbuhan". Modifikasinya juga seperti :

$$Y = e^{(a + b/X)},$$

disebut dengan transformasi logaritmik resiprokal, yang umum disebut dengan model Gompertz.

## 2.5 Kondisi Lingkungan

Lingkungan adalah kombinasi antara kondisi fisik yang mencakup keadaan sumber daya alam seperti tanah, air, energi surya, mineral, serta flora dan fauna yang tumbuh di atas tanah maupun di dalam lautan, dengan kelembagaan yang meliputi ciptaan manusia seperti keputusan bagaimana menggunakan lingkungan fisik tersebut. Kondisi lingkungan yang di akan di analisa untuk mengetahui performansi dari suatu instrumen yaitu antara lain suhu, kelembapan udara, kandungan kadar garam pada udara, curah hujan, kandungan polutan udara pada udara dan lain sebagainya.

### a. Kelembaban

Kelembaban adalah ukuran jumlah uap air di udara. Jumlah uap air mempengaruhi proses-proses fisika, kimia dan biologi di alam, oleh karena itu akan mempengaruhi kenyamanan manusia begitupun terhadap lingkungan. Jika besarnya kandungan uap air melebihi atau kurang dari kebutuhan yang diperlukan, maka akan menimbulkan gangguan dan kerusakan. Sebagai contoh, bahan makanan dan obat-obatan yang disimpan dalam gudang penyimpanan memerlukan kondisi kelembaban tertentu agar tidak cepat rusak<sup>[8]</sup>. Saat ini banyak alat ukur kelembaban yang telah dikembangkan. Peralatan elektronik juga menjadi mudah berkarat jika udara disekitarnya memiliki kelembaban yang cukup tinggi. Oleh karena itu, informasi mengenai kelembaban udara pada suatu area tertentu menjadi sesuatu hal yang penting untuk diketahui karena menyangkut efek-efek yang ditimbulkannya. Informasi mengenai nilai kelembaban udara diperoleh dari proses pengukuran. Alat yang biasanya digunakan untuk mengukur kelembaban udara adalah higrometer.

### b. Temperatur

Temperatur udara adalah tingkat atau derajat panas dari kegiatan molekul dalam atmosfer yang dinyatakan dengan skala Celcius, Fahrenheit, atau skala Reamur. Perlu diketahui bahwa

suhu udara antara daerah satu dengan daerah lain sangat berbeda. hal ini sangat dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

- Sudut Datangnya Sinar Matahari

Sudut datang sinar matahari terkecil terjadi pada pagi dan sore hari, sedangkan sudut terbesar pada waktu siang hari tepatnya pukul 12.00 siang. Sudut datangnya sinar matahari yaitu sudut yang dibentuk oleh sinar matahari dan suatu bidang di permukaan bumi. Semakin besar sudut datangnya sinar matahari, maka semakin tegak datangnya sinar sehingga suhu yang diterima bumi semakin tinggi. Sebaliknya, semakin kecil sudut datangnya sinar matahari, berarti semakin miring datangnya sinar dan suhu yang diterima bumi semakin rendah.

- Tinggi Rendahnya Tempat

Semakin tinggi kedudukan suatu tempat, temperatur udara di tempat tersebut akan semakin rendah, begitu juga sebaliknya semakin rendah kedudukan suatu tempat, temperatur udara akan semakin tinggi.

- Angin dan Arus Laut

Angin dan arus laut mempunyai pengaruh terhadap temperatur udara. Misalnya, angin dan arus dari daerah yang dingin, akan menyebabkan daerah yang dilalui angin tersebut juga akan menjadi dingin.

- Lamanya Penyinaran

Lamanya penyinaran matahari pada suatu tempat tergantung dari letak garis lintangnya. Semakin rendah letak garis lintangnya maka semakin lama daerah tersebut mendapatkan sinar matahari dan suhu udaranya semakin tinggi. Sebaliknya, semakin tinggi letak garis lintang maka intensitas penyinaran matahari semakin kecil sehingga suhu udaranya semakin rendah. Indonesia yang terletak di daerah lintang rendah ( $6^{\circ}\text{LU} - 11^{\circ}\text{LS}$ ) mendapatkan penyinaran matahari relatif lebih lama sehingga suhu rata-rata hariannya cukup tinggi.

- Awan

Awan merupakan penghalang pancaran sinar matahari ke bumi. Jika suatu daerah terjadi awan (mendung) maka panas yang



diterima bumi relatif sedikit, hal ini disebabkan sinar matahari tertutup oleh awan dan kemampuan awan menyerap panas matahari. Permukaan daratan lebih cepat menerima panas dan cepat pula melepaskan panas, sedangkan permukaan lautan lebih lambat menerima panas dan lambat pula melepaskan panas. Apabila udara pada siang hari diselimuti oleh awan, maka temperatur udara pada malam hari akan semakin dingin

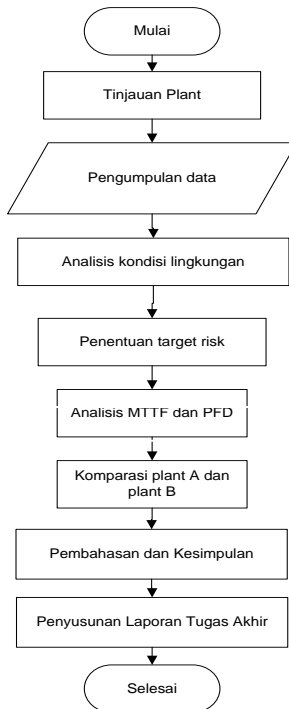
c. Polutan Udara

Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti. Pencemar udara dibedakan menjadi dua yaitu, pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon monoksida adalah sebuah contoh dari pencemar udara primer karena ia merupakan hasil dari pembakaran. Pencemar sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di atmosfer. Pembentukan ozon dalam smog fotokimia adalah sebuah contoh dari pencemaran udara sekunder. Beberapa contoh polutan di udara antara lain CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, pembakaran batu bara (menghasilkan sulfur dioksida), radiasi nuklir, dan lain-lain.

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian tentang tahapan dalam penelitian tugas akhir, yaitu (i) tinjauan plant, (ii) pengumpulan data, (iii) analisa kondisi lingkungan, (iv) penentuan target risk, (vi) analisis MTTF dan PFD, (vii) komparasi plant A dan plant B dan (viii) pembahasan kan kesimpulan. Gambar 3.1 di bawah ini merupakan *flowchart* tahapan penelitian untuk mempermudah dalam memahami alur penelitian.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

**a) Tinjauan *Plant***

Pada tahapan ini melakukan peninjauan dari plan yang akan di komparasi. Ditinjau pula kondisi lingkungan tempat *plant* tersebut beroperasi

**b) Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dengan mengumpulkan dokumen atau gambar yang menunjang proses yang terdapat pada *boiller* meliputi *process flow diagram* (PFD), *piping and instrument diagram* (P&ID), dan *maintenance data*.

**c) Analisis Kondisi Lingkungan**

Analisis kondisi lingkungan dilakukan dengan mengambil data lingkungan yaitu temperatur, kelembaban dan SO<sub>2</sub> dari kedua *plant* yang kemudian akan dilakukan analisa bagaimana pengaruh faktor lingkungan tersebut terhadap ketahanan suatu instrumen

**d) Penentuan Target *Risk***

Penentuan .target risk dilakukan dengan cara berkonsultasi dengan *engineer* yang ada di PT. Pertamina terkait sistem instrumen apa yang sering mengalami kerusakan dan menghasilkan dampak yang besar.

**e) Analisis MTTF dan PFD**

Analisis MTTF dan PFD adalah suatu langkah perhitungan berdasarkan data *maintenance* dari suatu *plant*. Nilai MTTF dan PFD akan menunjukan performa dari suatu instrumen dalam *plant* tersebut.

**f) Komparasi *Plant A* dan *Plant B***

Pada tahap ini dilakukan komparasi antara *plant A* (PT. Pertamina RU IV Cilacap) dengan *plant B* (PT. Pertamina RU VI Balongan) di mana kedua *plant* ini sebagian besar menggunakan instrumen dengan spesifikasi yang sama namun berada pada daerah dan kondisi lingkungan yang berbeda.

**g) Pembahasan dan Kesimpulan**

Pembahasan dan Kesimpulan didapatkan dari analisis yang dilakukan, mulai, penentuan target *risk*, analisis MTTF dan PFD, komparasi kedua *plant* hingga analisis pengaruh lingkungan. Dari analisis tersebut akan didapatkan bagaimana pengaruh lingkungan terhadap performansi suatu instrumen. Serta berapa besar pengaruh yang ditimbulkan.

**Halaman ini memang dikosongkan**

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang analisa MTTF, PFD dan PFD dari boiler di PT. Pertamina RU IV Cilacap dan PT. Pertamina RU VI Balongan. Selain itu juga akan dibahas mengenai kondisi lingkungan dari masing-masing daerah yang meliputi temperatur, kelembaban dan kadar  $\text{SO}_2$  untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap performansi instrumen pada boiler. Dalam sebuah boiler banyak sekali instrument yang digunakan untuk menunjang proses operasinya. Secara garis besar instrument tersebut dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *safeguard system* dan *control system*. Dua hal tersebut yang akan digunakan sebagai tinjauan dalam analisa keandalan. Boiler yang dianalisa yaitu boiler dengan *tag number* 052B-104 pada PT. Pertamina RU IV Cilacap dan 052-B-101A pada PT. Pertamina RU VI Balongan.

#### 4.1. Analisa Boiler di PT. Pertamina RU IV Cilacap

##### ➤ *Safeguard system*

Safeguard sistem adalah salah satu bagian dari boiler yang berfungsi sebagai sistem keamanan. Boiler merupakan sistem yang sangat penting pada suatu plant industri, oleh karena itu boiler selalu dijaga pada kondisi terbaiknya agar tidak terjadi kerusakan, trip-nya perusahaan ataupun kecelakaan (kebakaran) yang dikarenakan kegagalan pada boiler. Disinilah peran penting dari safeguard. Safeguard akan memberikan respon apabila terjadi kegagalan dalam sistem boiler. Berikut daftar instrument yang ada pada sistem *safeguard*

**Tabel 4.1** Daftar Instrumen *safeguard system*

Inst. Tag Number	Service Description
052PSL-413	Fuel Oil Press
052PDSL-408	Diff ATM STM/Fuel Oil
052PSL-414	Fuel Gas Low Press
052PSH-414	Fuel Gas High Press

**Tabel 4.2** Lanjutan

Inst. Tag Number	Service Description
052PSL-413	Fuel Oil Press
052PDSL-408	Diff ATM STM/Fuel Oil
052PSL-414	Fuel Gas Low Press
052PSH-414	Fuel Gas High Press
052FSL-404	Combustion Air Flow
052LSL-402	Level Drum Low
052LSH-401	Level Drum High
052PSL-432	Air Inst Low Press
052HS-413	Emergency Shdn I/P
052HS-414	Emergency Shdn Ctrl PNL
052XV-406	Fuel Gas Shut Off VLV
052XV-407	Fuel Oil Shut Off VLV
052XV-409A	Indiv Shut Off VLV FO
052XV-409B	Indiv Shut Off VLV FO
052XV-409C	Indiv Shut Off VLV FO
052XV-410A	Indiv Shut Off VLV FG
052XV-410B	Indiv Shut Off VLV FG
052XV-410C	Indiv Shut Off VLV FG
052XV-411A	Indiv Pilot Gas
052XV-411B	Indiv Pilot Gas
052XV-411C	Indiv Pilot Gas

Analisa keandalan dari suatu instrument dapat dilihat melalui analisa MTTF. Analisa tersebut dilakukan berdasarkan data maintenance dari sistem dalam kurun waktu tertentu. Semakin tinggi nilai MTTF maka semakin baik *reliability* instrumen

tersebut. Dalam sistem *safeguard* ini selama kurun waktu 2009 hingga 2013 belum pernah mengalami kerusakan. Sehingga memiliki nilai MTTF lebih dari 52584 jam dan nilai PFD bernilai 0. Dari data tersebut dapat di simpulkan bahwa dari tahun 2009 hingga tahun 2013 tidak pernah terjadi kerusakan pada sistem *safeguard* boiler 052B-104. Hal tersebut dikarenakan dilakukan pengecekan berkala pada instrumen sistem *safeguard* yang dilakukan secara rutin. Selain itu sistem *safeguard* juga tidak beroperasi secara terus menerus, sistem ini baru beroperasi pada saat kondisi bahaya saja.

➤ *Control system*

Sistem kontrol adalah bagian lain dari sistem boiler selain *safeguard* yang berfungsi melakukan proses kontrol. Pada Boiler 052B-104 ini ada 4 node yang akan dianalisa yaitu: node *Fuel Oil Supply*, *Fuel Gas Supply*, *Boiler Feed Water Supply* dan *HP steam output*. Berikut adalah perhitungan MTTF dan PFD dari masing-masing node.

a) *Node Fuel Oil Supply*

*Fuel Oil supply* yaitu inputan *oil* yang akan digunakan dalam proses pembakaran pada sistem boiler. Pada *node* ini ada 6 instrumen yang akan di analisa keandalannya dengan menggunakan nilai MTTF dan PFD-nya berdasarkan data maintenance yang tersedia.

b) *Node Fuel Gas Supply*

*Fuel gas supply* yaitu inputan fluida gas yang akan digunakan dalam proses pembakaran pada sistem boiler. Terdapat 6 instrumen yang akan di analisa keandalannya dengan menggunakan nilai MTTF dan PFD-nya berdasarkan data maintenance yang tersedia.

c) *Node Boiler Feed Water Supply*

*Boiler Feed Water Supply* yaitu inputan *air* yang akan digunakan dalam proses sistem boiler. Pada *node* ini ada 5 instrumen yang akan di analisa keandalannya dengan menggunakan nilai MTTF dan PFD-nya berdasarkan data maintenance yang tersedia.



d) *Node HP Steam*

*HP Steam* adalah *output* yang dihasilkan oleh boiler yang nantinya akan digunakan pada proses selanjutnya. Pada *node* ini ada 3 instrumen yang akan di analisa keandalannya dengan menggunakan nilai MTTF dan PFD-nya berdasarkan data maintenance yang tersedia. Berikut nilai MTTF dan PFD dari masing-masing instrumen tersebut. (Perhitungan masing-masing instrumen terdapat pada lampiran)

**Tabel 4.3** Daftar nilai MTTF, *Failure rate* dan PFD masing-masing instrumen boiler PT. Pertamina RU IV Cilacap

No	Entity Number	Mean Time To Failure (MTTF)	Failure Rate	Probability Failure on Demand
				(PFD)
1	052PV-408	10662	9,38E-05	0,411
2	052FT-407	35448	2,82E-05	0,124
3	052HIC-491	21552	4,64E-05	0,203
4	052PIC-491	26352	3,79E-05	0,166
5	052PT-408	26256	3,81E-05	0,167
6	052PIC-408	21552	4,64E-05	0,203
7	052PT-416	9960	1,00E-04	0,440
8	052HIC-412	26352	3,79E-05	0,166
9	052FIC-412	20448	4,89E-05	0,214
10	052FT-408	13140	7,61E-05	0,333
11	052PT-414A	28992	3,45E-05	0,151
12	052PV-412	9248	1,08E-04	0,474
13	052FT-406	35184	2,84E-05	0,124
14	052FIC-406	16692	5,99E-05	0,262
15	052FV-406	16980	5,89E-05	0,258
16	052LG-428	26352	3,79E-05	0,166

**Tabel 4.4** Lanjutan

No	Entity Number	Mean Time To Failure (MTTF)	Failure Rate	Probability Failure on Demand
				(PFD)
17	052HIC-405	26256	3,81E-05	0,167
18	052FT-402	16692	5,99E-05	0,262
19	052TT-477	35136	2,85E-05	0,125
20	052TT-404	20448	4,89E-05	0,214

#### 4.2. Analisa Boiler di PT. Pertamina RU VI Balongan

Boiler yang digunakan dalam studi komparasi ini adalah boiler 052-B-101A di PT. Pertamina RU VI Balongan. Ada 4 *node* pada boiler ini yang digunakan dalam penelitian yaitu *Fuel Oil Supply*, *Fuel Gas Supply*, *BWF* dan *HP steam*. Berikut hasil perhitungan MTTF dan PFD pada boiler tersebut.

**Tabel 4.5** Daftar nilai MTTF, *Failure rate* dan PFD masing-masing instrumen boiler PT. Pertamina VI Balongan

No	Entity Number	Mean Time To Failure (MTTF)	Failure Rate	Probability Failure of Demand (PFD)
1	052TT-901A	10584	9,44E-05	0,413
2	052FT-901A	18816	5,31E-05	0,232
3	052FV-901A	10260	9,74E-05	0,426
4	052FIC-902A	16236	6,15E-05	0,269
5	052PT-905A	12636	7,91E-05	0,436
7	052PT-908A	8088	1,24E-04	0,541
8	052FT-904A	11592	8,62E-05	0,377
9	052HIC-908A	27984	3,57E-05	0,156
10	052FV-903A	10296	9,71E-05	0,425

**Tabel 4.6** Lanjutan

<b>No</b>	<b>Entity Number</b>	<b>Mean Time To Failure (MTTF)</b>	<b>Failure Rate</b>	<b>Probability Failure of Demand (PFD)</b>
11	052PT-911A	17100	5,84E-05	0,256
12	052FT-903A	14323	6,98E-05	0,305
13	052PIC-911A	12852	7,78E-05	0,34
15	052FT-911A	13140	7,61E-05	0,333
16	052FV-911A	9248	1,08E-05	0,473
17	052FIC-911A	20448	4,89E-05	0,214
19	052HIC-921A	13140	7,61E-05	0,333
20	052PT-939A	10088	9,91E-05	0,434
21	052FT-912A	35448	2,82E-05	0,123

#### **4.3. Analisa Lingkungan di PT. Pertamina RU IV Cilacap dan PT. Pertamina RU VI Balongan**

Lingkungan adalah sesuatu yang selalu berkaitan erat dengan sebuah perusahaan industri. Dalam membangun sebuah perusahaan industri selalu mempertinmbangkan aspek lingkungan, oleh karena itu kondisi lingkungan menjadi faktor yang penting untuk sebuah industri. Diantara banyak kondisi lingkungan yang di pertimbangkan ada beberapa faktor yang membuat performansi instrument seperti yang berpengaruh terhadap laju korosi suatu material. Faktor yang paling banyak mempengaruhi cepat lambatnya terjadi korosi pada peralatan pada industri yaitu *temperature*, *humidity* dan  $\text{SO}_2$ . Berikut data temperatur dan kelembaban yang di dapat dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

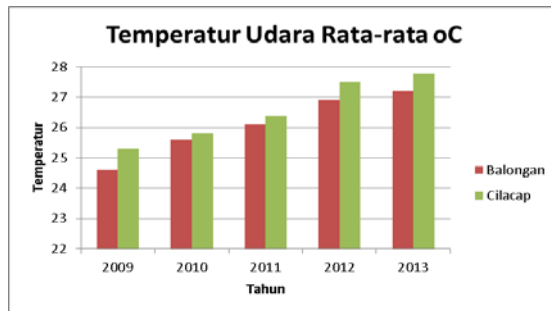
**Tabel 4.7** Temperatur Udara Rata-rata Kabupaten Indramayu (°C)

<b>Bulan</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Januari	24,3	24,9	25,7	26,6	26,8
Februari	24,1	24,7	25,5	25,9	26,6
Maret	24,2	24,8	25,6	26,5	26,7
April	24,5	25,2	26,0	26,9	27,1
Mei	24,6	25,2	26,0	26,9	27,1
Juni	24,6	25,2	26,0	26,9	27,1
Juli	24,7	25,6	26,6	26,8	27,5
Agustus	24,8	26,0	27,2	27,1	27,3
September	25,6	25,7	27,0	27,9	28,1
Oktober	24,6	25,4	26,0	26,9	27,6
Nopember	24,5	25,2	25,9	26,8	27,0
Desember	24,7	24,9	26,1	27,0	27,2

**Tabel 4.8** Temperatur Udara Rata-rata Kabupaten Cilacap (°C)

<b>Bulan</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Januari	24,9	25,4	26,2	26,6	26,9
Februari	25,2	25,8	26,6	27,1	27,4
Maret	25,3	25,8	26,6	27,5	27,7
April	25,3	25,7	26,6	27,5	27,7
Mei	25,4	26,2	27,2	27,6	28,1
Juni	25,5	26,6	27,8	27,7	27,9
Juli	26,3	26,3	27,6	28,5	28,7
Agustus	25,6	26,0	26,6	27,5	28,2
September	25,4	26,0	26,5	27,4	27,6
Oktober	25,4	25,5	26,7	27,6	27,8
Nopember	25,0	25,5	26,5	27,2	27,4
Desember	24,8	25,3	26,5	26,5	27,2

Berdasar data di atas maka dapat dibuat perbandingan temperatur udara di PT. Pertamina RU IV Cilacap dan PT. Pertamina RU VI Balongan seperti gambar dibawah ini.



**Gambar 4.1** Grafik Temperatur rata-rata (°C)

Dari data diatas dapat diketahui bahwa selama 5 tahun terakhir temperatur rata-rata di PT. Pertamina RU IV Cilacap lebih besar 0,48 °C di bandingkan dengan tempratur rata-rata di PT. Pertamina RU VI Balongan. Sedangkan faktor lingkungan yang kedua yaitu adalah kelembaban. Data kelembaban diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dengan rincian seperti berikut.

**Tabel 4.9** Kelembapan Rata-rata Bulanan Kabupaten Cilacap

Bulan	2009	2010	2011	2012	2013
Jan	70%	69%	71%	70%	72%
Feb	72%	70%	72%	72%	74%
Mar	70%	68%	70%	70%	70%
Apr	68%	68%	68%	68%	68%
Mei	69%	67%	69%	69%	69%
Jun	71%	71%	70%	71%	73%
Jul	70%	70%	70%	70%	71%
Agust	71%	67%	71%	71%	72%

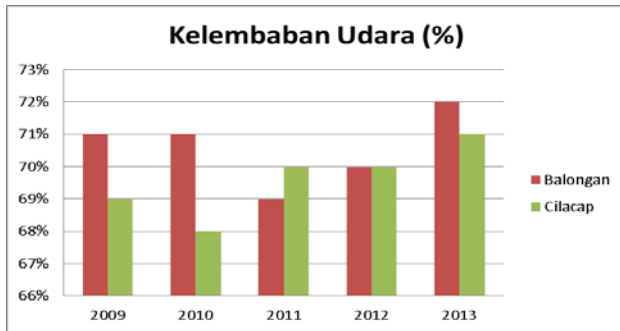
**Tabel 4.10** Lanjutan

<b>Bulan</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Agust</b>	71%	67%	71%	71%	72%
<b>Sep</b>	66%	71%	68%	70%	68%
<b>Okt</b>	66%	68%	70%	68%	69%
<b>Nop</b>	67%	66%	67%	67%	69%
<b>Des</b>	69%	66%	70%	71%	71%

**Tabel 4.11** Kelembapan Rata-rata Bulanan Kabupaten Indramayu

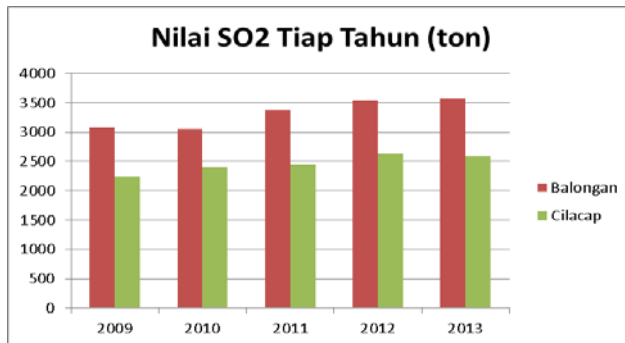
<b>Bulan</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Jan</b>	72%	74%	69%	72%	73%
<b>Feb</b>	72%	72%	71%	73%	74%
<b>Mar</b>	74%	71%	71%	70%	70%
<b>Apr</b>	70%	72%	68%	68%	69%
<b>Mei</b>	69%	68%	68%	69%	71%
<b>Jun</b>	74%	71%	71%	73%	74%
<b>Jul</b>	69%	70%	70%	71%	73%
<b>Agust</b>	71%	69%	67%	72%	72%
<b>Sep</b>	71%	71%	71%	67%	68%
<b>Okt</b>	72%	69%	68%	69%	72%
<b>Nop</b>	71%	69%	67%	70%	70%
<b>Des</b>	70%	72%	68%	71%	72%

Berdasarkan data tersebut maka diperoleh perbandingan kelembaban antara PT. Pertamina RU IV Cilacap dan PT. Pertamina RU VI Balongan seperti gambar berikut:



**Gambar 4.2** Grafik Kelembaban Udara (%)

Faktor Lingkungan yang terakhir yang di analisa yaitu  $\text{SO}_2$ .  $\text{SO}_2$  merupakan salah satu polutan udara yang berdampak pada suatu daerah industri. Dampak paling merugikan dari  $\text{SO}_2$  yaitu mempercepat laju korosi suatu material. Data kandungan  $\text{SO}_2$  di udara diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD).



**Gambar 4.3** Nilai  $\text{SO}_2$  Tiap Tahun (ton)

#### 4.4. Komparasi dan Pembahasan

Dalam menganalisis hubungan pengaruh lingkungan dengan kegagalan instrumen ini, metode yang digunakan adalah metode regresi dengan  $y$  adalah  $PFD$  dari instrumen sebagai respon dan  $x$  adalah faktor lingkungan yang sebagai variabel bebas. Hubungan

antara variabel bebas dengan respon dapat diketahui dari persamaan regresi linier dengan persamaan sebagai berikut:

$$y = a + b \cdot x \quad (4.1)$$

Untuk mendapatkan nilai konstanta a dan b, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} \quad (4.2)$$

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} \quad (4.3)$$

Berikut adalah hasil persamaan dari masing-masing faktor lingkungan di kedua plant. (Data dan perhitungan ada dilampiran)

- Pertamina RU IV Cilacap

1. Temperatur

$$y = 2,909 - 0,096 \cdot x \quad (4.4)$$

2. Kelembaban

$$y = -1,770 + 3,078 \cdot x \quad (4.5)$$

3. SO<sub>2</sub>

$$y = 0,285 - 0,0004 \cdot x \quad (4.6)$$

- Pertamina RU VI Balongan

1. Temperatur

$$y = 1,248 - 0,036 \cdot x \quad (4.7)$$

2. Kelembaban

$$y = -2,121 + 3,465 \cdot x \quad (4.8)$$



$$3. \text{ SO}_2$$

$$y = 0,238 + 0,0002 \cdot x \quad (4.9)$$

Masing-masing persamaan divalidasi mengenai kasesuaian dengan nilai asli yang ada yaitu nilai PFD. Metode yang digunakan yaitu dengan melihat satuan dari PFD data asli dengan satuan PFD berdasarkan persamaan yang diperoleh. Dari metode tersebut didapatkan bahwa kedua PFD yaitu berdasarkan data asli dan perhitungan menunjukkan persamaan yaitu tanpa satuan, sehingga persamaan tersebut bisa mewakili dari persamaan PFD berdasarkan faktor lingkungan.

Nilai yang dihasilkan dari hasil regresi akan dibandingkan dengan nilai aktual yang didapat. Selisih dari kedua nilai tersebut nilai residual (error). Dari nilai residual tersebut akan diketahui pula nilai *Sum Squre of the Residual* (SSR) dan digunakan untuk menghitung ketidakpastian dengan persamaan:

$$U = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}} \quad (4.10)$$

Berikut adalah hasil perhitungan U dari masing-masing faktor lingkungan di kedua plant. (Data dan perhitungan ada dilampiran)

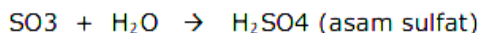
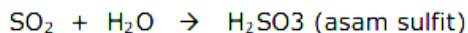
**Tabel 4.12** Nilai Ketidakpastian Masing-Masing Faktor Lingkungan di Kedua Plant

Lokasi	T	Rh	SO <sub>2</sub>
Cilacap	0,059	0,060	0,071
Balongan	0,107	0,095	0,108

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diketahui bahwa SO<sub>2</sub> memiliki nilai ketidakpastian paling tinggi diantara faktor lingkungan yang lain yaitu temperatur dan kelembaban. Semakin besar ketidakpastian tersebut maka semakin besar pula pengaruh suatu variabel terhadap suatu respon yang dalam hal ini dapat dikatakan bahwa SO<sub>2</sub> memiliki pengaruh paling besar terhadap besarnya nilai PFD suatu instrumen di PT. Pertamina. PFD

sendiri merupakan peluang terjadinya kerusakan pada suatu instrumen dalam kurun waktu tertentu. Semakin besar nilai PFD maka semakin besar pula peluang suatu kegagalan pada instrumen tersebut. Menurut data maintenance di kedua *plant* nilai kerusakan terbesar diakibatkan karena korosi yaitu senilai 37 % di PT. Pertamina RU VI Balongan dan 21 % di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Hal tersebut selaras dengan data lingkungan dari kedua *plant* dan juga nilai ketidakpastian terbesar adalah faktor lingkungan  $\text{SO}_2$ . Nilai ketidakpastiannya yaitu 0,071 untuk PT. Pertamina RU IV Cilacap dan 0,108 untuk PT. Pertamina RU VI Balongan.

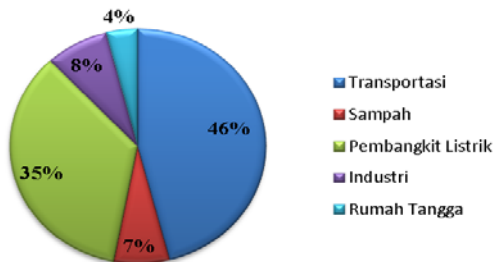
Pada dasarnya temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi redoks pada peristiwa korosi. Secara umum, semakin tinggi temperatur maka semakin cepat terjadinya korosi. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya temperatur maka meningkat pula energi kinetik partikel sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks semakin besar. Namun dalam hal ini antara Kabupaten Balongan dan Kabupaten Cilacap memiliki perbedaan yang relatif kecil yaitu hanya  $0,48^\circ\text{C}$  sehingga bisa dianggap bahwa performansi instrumen tidak disebabkan oleh faktor temperatur. Hal yang sama terjadi pada faktor lingkungan yang kedua yaitu kelembaban. Kelembaban di daerah kabupaten Balongan dan Cilacap relatif sama. Perbedaan kandungan  $\text{SO}_2$  yang paling mencolok diantara ketiga kondisi lingkungan tersebut.  $\text{SO}_2$  merupakan salah satu polutan udara yang mempengaruhi proses terjadinya korosi dengan cepat. Di dalam atmosfer  $\text{SO}_2$  akan bereaksi dengan uap air yang ada di udara sehingga akan membentuk asam sulfat seperti reaksi di bawah ini.



Hal tersebutlah yang membuat instrumen di PT. Pertamina RU VI Balongan lebih cepat korosi dan mengalami kerusakan. Asam sulfat adalah unsur korosif dan apabila terkena oleh air hujan akan menyebabkan hujan asam dan akan menurunkan pH

air hingga mencapai 3. Asam sulfat ini akan terabsorpsi terus secara berulang-ulang dan akan semakin mempercepat laju korosi. Bagian instrumen yang sudah berkarat kemudian terkontaminasi oleh gas  $\text{SO}_2$  akan berfungsi sebagai katalis untuk menambah pembentukan karat berikutnya.

Apabila ditinjau dari letak kedua plant, terjadi perbedaan nilai ketidakpastian yang cukup besar pada ketiga faktor lingkungan tersebut. Nilai ketidakpastian temperatur, kelembaban dan  $\text{SO}_2$  di PT. Pertamina RU VI Balongan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai ketidakpastian temperatur, kelembaban dan  $\text{SO}_2$  di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Secara umum nilai rata-rata temperatur, kelembaban dan  $\text{SO}_2$  di Balongan lebih tinggi di bandingkan dengan di Cilacap. Hal tersebut menunjukkan bahwa faktor lingkungan yang dalam hal ini adalah temperatur, kelembaban dan  $\text{SO}_2$  di PT. Pertamina RU VI Balongan memiliki pengaruh lebih besar terhadap terjadinya kerusakan instrumen di bandingkan dengan faktor lingkungan di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Berikut sumber-sumber polutan yang ada.

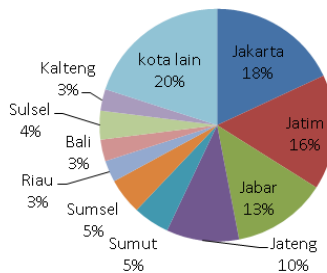


**Gambar 4.4** Persentase sumber polutan  
(Suhadi dan Emerentiana, 2009)

Dari hal tersebut sesuai dengan letak geografis dari kedua wilayah tersebut. Letak kilang PT Pertamina RU VI Balongan lebih dekat dengan akses transportasi dengan kepadatan lebih tinggi di bandingkan dengan kilang di PT. Pertamina RU IV Cilacap dengan jumlah penduduk mencapai 1.795.372 jiwa.

Dengan semakin padatnya kendaraan yang melintasi kawasan tersebut maka semakin besar pula polusi udara yang ditimbulkan.  $\text{SO}_2$  lebih banyak dihasilkan dari kendaraan yang bermesin diesel seperti truk dan kendaraan yang lain. Berikut data pemakaian semua jenis kendaraan bermotor di Indonesia.

**Pemakaian Kendaraan bermotor semua jenis di  
Indonesia**



**Gambar 4.5.** Pemakaian kendaraan bermotor di Indonesia  
(Kantor Kepolisian Republik Indonesia 2012)

Dari data tersebut provinsi Jawa Barat yang terdapat kabupaten Indramayu di dalamnya memiliki persentase lebih besar dari pada provinsi Jawa Tengah yang terdapat kabupaten Cilacap di dalamnya.

**Halaman ini memang di kosongkan**

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Analisa pengaruh lingkungan dengan menggunakan metode regresi menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di PT. Pertamina RU VI Balongan lebih berpengaruh terhadap terjadinya kerusakan instrumen dibandingkan dengan kondisi lingkungan di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Hal tersebut terlihat dari besarnya nilai ketidakpastiannya yaitu 0,107 untuk temperatur, 0,095 untuk kelembaban dan 0,108 untuk  $\text{SO}_2$  lebih tinggi dari pada ketidakpastian pengaruh lingkungan pada PT. Pertamina RU IV Cilacap yang sebesar 0,059 untuk temperatur, 0,060 untuk kelembaban dan 0,071 untuk  $\text{SO}_2$ .
- b. Diantara ketiga faktor lingkungan yang dianalisa diketahui bahwa  $\text{SO}_2$  memiliki nilai ketidakpastian yang paling tinggi dibandingkan dengan ketiga faktor lingkungan yaitu 0,108 di PT. Pertamina RU VI Balongan dan 0,071 di PT. Pertamina RU IV Cilacap. Sehingga dapat disimpulkan bahwa  $\text{SO}_2$  yang memiliki pengaruh paling besar terhadap performansi instrumen di PT. Pertamina.

#### **5.2 Saran**

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar melakukan penambahan variabel faktor lingkungan yang lain agar mengetahui dampak yang ditimbulkan dari kondisi lingkungan terhadap performansi instrumen yang lebih banyak. Sedangkan untuk PT. Pertamina agar selanjutnya data *maintenance* yang dilakukan di-*record* secara terstruktur baik software maupun manual sebagai arsip. Selain itu guna pencegahan dari terjadinya kerusakan instrumen yang dikarenakan adanya korosi sebaiknya dilakukan *painting* secara berkala.

**“Halaman ini memang dikosongkan”**

**LAMPIRAN A**  
**Tabel Perhitungan Nilai MTTF, *Failure rate* dan PFD**  
**masing-masing Instrumen**

➤ **Pertamina RU IV Cilacap**

a) *Node Fuel Oil Supply*

**Tabel 1.** Tabel *Maintenance Control valve 052PV408*

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Control Valve 052PV408	30/01/2009	30/01/2009	
	14/12/2010	16/12/2010	16392
	14/07/2011	15/07/2011	5040
	01/02/2012	01/02/2012	4824
	15/12/1013	15/12/2013	16392
MTTF			10662
MTTR			38

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{10662} = 9,4 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{9,4 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,41$$

**Tabel 2.** Tabel *Maintenance Flow Transmitter 052FT407*

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
<i>Flow Transmitter</i> 052FT407	16/12/2010	16/12/2010	
	31/12/2013	31/12/2013	35448
MTTF			35448
MTTR			24



$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{35448} = 2,82 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{2,82 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,124$$

**Tabel 3.** Tabel *Maintenance* 052HIC491

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
052HIC491	14/01/2009	14/01/2009	
	15/12/2010	16/12/2010	16776
	17/12/2013	18/12/2013	26328
MTTF			21552
MTTR			40

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{21552} = 4,64 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{4,64 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,2$$

**Tabel 4.** Tabel *Maintenance* 052PIC491

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Preasure Indicator Control 052PIC491	16/12/2010	16/12/2010	
	18/12/2013	19/12/2013	26352
MTTF			26352
MTTR			36

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{26352} = 3,79 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,79 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,17$$

**Tabel 5.** Tabel *Maintenance* 052PT408

<b>INSTRUMENT</b>	<b>ACT. START</b>	<b>ACT. FINISH</b>	<b>TTF (HOUR)</b>
Pressure Transmitter 052PT408	20/12/2010	20/12/2010	
	18/12/2013	18/12/2013	26256
MTTF			26256
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{26256} = 3,8 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,8 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,167$$

**Tabel 6.** Tabel *Maintenance* 052PIC408

<b>INSTRUMENT</b>	<b>ACT. START</b>	<b>ACT. FINISH</b>	<b>TTF (HOUR)</b>
Preassure Indicator Control 052PIC408	14/01/2009	14/01/2009	
	19/10/2010	19/10/2010	15432
	16/12/2013	16/12/2013	27672
MTTF			21552
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{21552} = 4,64 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{4,64 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,2$$

b) Node Fuel Gas Supply

**Tabel 7.** Tabel *Maintenance* 052PT416

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Pressure Transmitter 052PT416	16/12/2010	16/12/2010	
	04/02/2012	05/02/2012	9960
MTTF			9960
MTTR			36

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{9960} = 1 \times 10^{-4}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{1 \times 10^{-4} \times 8760}{2} = 0,44$$

**Tabel 8.** Tabel *Maintenance* 052HIC412

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
052HIC412	15/12/2010	15/12/2010	
	17/12/2013	17/12/2013	26352
MTTF			26352
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{26352} = 3,79 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,79 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,17$$

**Tabel 9.** Tabel *Maintenance* 052FIC412

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Indicator Control 052FIC412	16/08/2011	17/08/2011	
	16/12/2013	16/12/2013	20448
MTTF			20448
MTTR			36

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{20448} = 4,89 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{4,89 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,214$$

**Tabel 10.** Tabel *Maintenance* 052FT408

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT408	16/12/2010	16/12/2010	
	14/09/2011	14/09/2011	6528
	15/12/2013	15/12/2013	19752
MTTF			13140
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{13140} = 7,6 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{7,6 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,33$$

**Tabel 11.** Tabel *Maintenance* 052PT414A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Pressure Transmitter 052PT414A	02/01/2009	02/01/2009	
	24/04/2012	25/04/2012	28992
MTTF			28992
MTTR			36

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{28992} = 3,45 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,45 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,151$$

**Tabel 12.** Tabel *Maintenance* 052PV412

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Control Valve 052PV412	19/10/2010	19/10/2010	
	01/02/2012	01/02/2012	11280
	28/05/2013	29/05/2013	11568
	18/12/2013	18/12/2013	4896
MTTF			9248
MTTR			30

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{9248} = 1,08 \times 10^{-4}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{1,08 \times 10^{-4} \times 8760}{2} = 0,474$$

c) *Node Boiler Feed Water Supply*

**Tabel 13.** Tabel *Maintenance* 052FT406

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT406	16/12/2010	16/12/2010	
	20/12/2013	20/12/2013	35184
MTTF			35184
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{35184} = 2,84 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{2,84 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,124$$

**Tabel 14.** Tabel *Maintenance* 052FIC406

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Indicator Control 052FIC406	15/01/2009	16/01/2009	
	20/10/2010	20/10/2010	15432
	06/11/2012	06/11/2012	17952
MTTF			16692
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{16692} = 5,99 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{5,99 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,26$$

**Tabel 15.** Tabel *Maintenance* 052FV406

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Control Valve 052FV406	30/01/2009	30/01/2009	
	01/02/2012	01/02/2012	17568
	15/12/1013	15/12/2013	16392
MTTF			16980
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{16980} = 5,89 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{5,89 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,258$$

**Tabel 16.** Tabel *Maintenance* 052LG428

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Level Gauge 052LG428	15/12/2010	15/12/2010	
	17/12/2013	17/12/2013	26352
MTTF			26352
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{26352} = 3,79 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,79 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,166$$

**Tabel 17.** Tabel *Maintenance* 052HIC405

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
052HIC405	20/12/2010	20/12/2010	
	18/12/2013	18/12/2013	26256
MTTF			26256
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{26256} = 3,81 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,81 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,167$$

d) *Node HP Steam*

**Tabel 18** Tabel *Maintenance* 052FT402

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT402	15/01/2009	16/01/2009	
	20/10/2010	20/10/2010	15432
	06/11/2012	06/11/2012	17952
MTTF			16692
MTTR			32



$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{16692} = 5,99 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{5,99 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,262$$

**Tabel 19.** Tabel *Maintenance* 052TT477

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Temperature Transmitter 052TT477	16/12/2010	16/12/2010	
	18/12/2013	18/12/2013	35136
MTTF			35136
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{35136} = 2,85 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{2,85 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,125$$

**Tabel 20.** Tabel *Maintenance* 052TT404

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Temperature Transmitter 052TT404	16/08/2011	17/08/2011	
	16/12/2013	16/12/2013	20448
MTTF			20448
MTTR			36

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{20448} = 4,89 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{4,89 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,214$$

➤ **PT. Pertamina RU VI Balongan**

a) *Node Fuel Oil Supply*

**Tabel 21.** Tabel *Maintenance* 052FT901A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT901A	02/05/2009	02/05/2009	
	25/06/2011	25/06/2011	18816
MTTF			18816
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{18816} = 5,31 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{5,31 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,232$$

**Tabel 22.** Tabel *Maintenance* 052TT901A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Temperature Transmitter 052TT901A	10/04/2009	10/04/2009	
	08/09/2010	08/09/2010	12384
	09/09/2011	09/09/2011	8784
MTTF			10584
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{10584} = 9,44 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{9,44 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,413$$

**Tabel 23** Tabel *Maintenance* 052FIC902A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Indicator Control 052FIC902A	11/03/2010	11/03/2010	
	09/05/2012	10/05/2012	19008
	22/11/2013	22/11/2013	13464
MTTF			16236
MTTR			32

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{16236} = 6,15 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{6,15 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,269$$

**Tabel 24** Tabel *Maintenance* 052FV901A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Control Valve 052FV901A	09/04/2009	09/04/2009	
	06/04/2011	06/04/2011	17448
	22/11/2011	23/11/2011	5544
	13/12/2012	13/12/2012	9264
	14/12/2013	14/12/2013	8784
MTTF			10260
MTTR			29

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{10260} = 9,74 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{9,74 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,426$$

**Tabel 25.** Tabel Maintenance 052PT905A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Preassure Transmitter 052PT905A	06/05/2010	06/05/2010	
	15/03/2011	15/03/2011	7512
	24/03/2013	24/03/2013	17760
MTTF			12636
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{12636} = 7,91 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{7,91 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,436$$

b) Node Fuel Gas Supply

**Tabel 26.** Tabel Maintenance 052pT908A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Pressure Transmitter 052pT908A	31/05/2009	31/05/2009	
	23/06/2010	23/06/2010	9312
	15/03/2011	16/03/2011	6864
MTTF			8088
MTTR			32

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{8088} = 12,3 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{12,3 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,541$$

**Tabel 27.** Tabel *Maintenance* 052HIC908A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
052HIC908A	17/04/2010	17/04/2010	
	26/06/2013	26/06/2013	27984
MTTF			27984
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{27984} = 3,57 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{3,57 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,156$$

**Tabel 28.** Tabel *Maintenance* 052FT904A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT904A	15/04/2010	16/04/2010	
	11/08/2011	12/08/2011	11592
MTTF			11592
MTTR			48

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{11592} = 8,62 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{8,62 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,377$$

**Tabel 29.** Tabel *Maintenance* 052FV903A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Control Valve 052FV903A	09/04/2009	09/04/2009	
	06/04/2011	06/04/2011	17448
	22/11/2011	23/11/2011	5712
	13/12/2012	13/12/2012	9264
	14/12/2013	14/12/2013	8760
MTTF			10296
MTTR			29

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{10296} = 9,71 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{9,71 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,425$$

**Tabel 30** Tabel *Maintenance* 052PT911A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Preasure Transmitter 052PT911A	29/07/2009	29/07/2009	
	03/05/2012	03/05/2012	24216
	23/06/2013	24/06/2013	9984
MTTF			17100
MTTR			32

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{17100} = 5,84 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{5,84 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,256$$

**Tabel 31.** Tabel *Maintenance* 052FT903A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT903A	12/05/2009	12/05/2009	
	31/05/2012	31/05/2012	24254
	19/11/2012	19/11/2012	4392
MTTF			14323
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{14323} = 6,98 \times 10^{-5}$$
$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{6,98 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,305$$

**Tabel 32.** Tabel *Maintenance* 052PIC911A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Preasure Indicator Control 052PIC911A	06/05/2009	07/05/2009	
	14/03/2010	14/03/2010	7896
	24/03/2012	25/03/2012	17808
MTTF			12852
MTTR			40

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{12852} = 7,78 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{7,78 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,340$$

c) BFW

**Tabel 33.** Tabel *Maintenance* 052FT911A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT911A	21/12/2010	21/12/2010	
	19/09/2011	19/09/2011	6528
	20/12/2013	20/12/2013	19752
MTTF			13140
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{13140} = 7,61 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{7,61 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,333$$

**Tabel 34.** Tabel *Maintenance* 052FV911A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Control Valve 052FV911A	20/10/2010	20/10/2010	
	02/02/2012	02/02/2012	11280
	29/05/2013	30/05/2013	11568
	19/12/2013	19/12/2013	4896
MTTF			9248
MTTR			30



$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{9248} = 10,81 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{10,81 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,473$$

**Tabel 35.** Tabel *Maintenance* 052FIC911A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Indicator Control 052FIC911A	18/08/2011	18/08/2011	
	18/12/2013	18/12/2013	20448
MTTF			20448
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{20448} = 4,89 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{4,89 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,214$$

d) *HP Steam*

**Tabel 36.** Tabel *Maintenance* 052HIC921A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
052HIC921A	19/12/2010	19/12/2010	
	17/09/2011	17/09/2011	6528
	18/12/2013	18/12/2013	19752
MTTF			13140
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{13140} = 7,61 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{7,61 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,333$$

**Tabel 37.** Tabel *Maintenance* 052PT939A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Pressure Transmitter 052PT939A	16/02/2009	16/02/2009	
	06/05/2010	06/05/2010	10752
	14/03/2011	14/03/2011	7488
	24/03/2013	24/03/2013	12024
MTTF			10088
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{10088} = 9,91 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{9,91 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,434$$

**Tabel 38.** Tabel *Maintenance* 052FT912A

INSTRUMENT	ACT. START	ACT. FINISH	TTF (HOUR)
Flow Transmitter 052FT912A	16/12/2010	16/12/2010	
	31/12/2013	31/12/2013	35448
MTTF			35448
MTTR			24

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} = \frac{1}{35448} = 2,82 \times 10^{-5}$$

$$PFD = \frac{\lambda \times TI}{2} = \frac{2,82 \times 10^{-5} \times 8760}{2} = 0,123$$

**LAMPIRAN B**  
**Tabel Perhitungan Ketidakpastian Antara Faktor**  
**Lingkungan Dengan Kegagalan Instrumen**

**Tabel 39.** Nilai Residual Hasil Regresi PFD dengan Temperatur  
di PT. Pertamina RU IV Cilacap

No	Entity Number	Probability Failure on Demand	T	E
		(PFD)		
1	052PV-412	0,474	25,655	0,0111
2	052PT-416	0,440	25,349	0,0001
3	052PV-408	0,411	25,555	0,0001
4	052FT-408	0,333	25,935	0,0006
5	052FIC-406	0,262	25,955	0,0004
6	052FT-402	0,262	25,955	0,0003
7	052FV-406	0,258	26,221	0,0010
8	052FIC-412	0,214	26,481	0,0004
9	052TT-404	0,214	26,861	0,0004
10	052HIC-491	0,203	26,095	0,0036
11	052PIC-408	0,203	25,881	0,0065
12	052PT-408	0,167	25,981	0,0099
$\Sigma$		3,442	311,923	0,0345

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} = -0.096$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} = 2,209$$

$$y = a + b \cdot x$$
$$y = 2,909 - 0,096 \cdot x$$
$$U = 0,059$$

**Tabel 40.** Nilai Residual Hasil Regresi PFD dengan Kelembaban di PT. Pertamina RU IV Cilacap

No	Entity Number	Probability Failure on Demand	Rh	E
		(PFD)		
1	052PV-412	0,474	0,720	0,0089
2	052PT-416	0,440	0,724	0,0002
3	052PV-408	0,411	0,712	0,0002
4	052FT-408	0,333	0,694	0,0045
5	052FIC-406	0,262	0,690	0,0051
6	052FT-402	0,262	0,726	0,0016
7	052FV-406	0,258	0,706	0,0001
8	052FIC-412	0,214	0,702	0,0002
9	052TT-404	0,214	0,696	0,0011
10	052HIC-491	0,203	0,700	0,0027
11	052PIC-408	0,203	0,694	0,0011
12	052PT-408	0,167	0,706	0,0097
$\sum$		3,442	8,470	0,0355

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} = 3,078$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} = -1,770$$

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = -1,770 + 3,078 \cdot x$$

$$U = 0,060$$

**Tabel 41.** Nilai Residual Hasil Regresi PFD dengan SO<sub>2</sub> di PT. Pertamina RU IV Cilacap

No	Entity Number	Probability Failure on Demand	SO <sub>2</sub>	E
		(PFD)		
1	052PV-412	0,474	312,307	0,0151
2	052PT-416	0,440	239,804	0,0074
3	052PV-408	0,411	265,896	0,0014
4	052FT-408	0,333	299,133	0,0005
5	052FIC-406	0,262	291,988	0,0003
6	052FT-402	0,262	285,959	0,0003
7	052FV-406	0,258	252,978	0,0004
8	052FIC-412	0,214	252,722	0,0002
9	052TT-404	0,214	258,751	0,0031
10	052HIC-491	0,203	299,133	0,0063
11	052PIC-408	0,203	291,988	0,0058
12	052PT-408	0,167	273,041	0,0093
$\sum$		3,442	3323,700	0,0501

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} = 0,0004$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} = 0,285$$

$$y = a + b \cdot x$$
$$y = 0,285 - 0,0004 \cdot x$$
$$U = 0,071$$

**Tabel 42.** Nilai Residual Hasil Regresi PFD dengan Temperatur di PT. Pertamina RU VI Balongan

No	Entity Number	Probability Failure on Demand	T	E
		(PFD)		
1	052PT-908A	0,541	26,173	0,0289
2	052FV-911A	0,473	26,553	0,0225
3	052PT-905A	0,436	26,573	0,0148
4	052PT-939A	0,434	26,561	0,0019
5	052FV-901A	0,426	26,881	0,0002
6	052FV-903A	0,425	27,099	0,0001
7	052TT-901A	0,413	27,479	0,0000
8	052FT-904A	0,377	26,773	0,0046
9	052PIC-911A	0,340	26,581	0,0056
10	052FT-911A	0,333	26,599	0,0072
11	052HIC-921A	0,333	26,327	0,0090
12	052FT-903A	0,305	26,061	0,0198
$\sum$		4,836	319,661	0,1146

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} = -0,036$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} = 1,248$$

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = 1,248 - 0,036 \cdot x$$

$$U = 0,107$$

**Tabel 43.** Nilai Residual Hasil Regresi PFD dengan Kelembaban di PT. Pertamina RU VI Balongan

No	Entity Number	Probability Failure on Demand	Rh	E
		(PFD)		
1	052PT-908A	0,541	0,704	0,0240
2	052FV-911A	0,473	0,720	0,0043
3	052PT-905A	0,436	0,696	0,0144
4	052PT-939A	0,434	0,680	0,0096
5	052FV-901A	0,426	0,686	0,0000
6	052FV-903A	0,425	0,712	0,0070
7	052TT-901A	0,413	0,702	0,0029
8	052FT-904A	0,377	0,704	0,0109
9	052PIC-911A	0,340	0,686	0,0018
10	052FT-911A	0,333	0,682	0,0015
11	052HIC-921A	0,333	0,672	0,0000
12	052FT-903A	0,305	0,694	0,0137
$\Sigma$		4,836	8,338	0,0902

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} = 3,465$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} = -2,121$$



$$y = a + b \cdot x$$

$$y = -2,121 + 3,465 \cdot x$$

$$U = 0,095$$

**Tabel 44.** Nilai Residual Hasil Regresi PFD dengan SO<sub>2</sub> di PT. Pertamina RU VI Balongan

No	Entity Number	Probability Failure on Demand	SO <sub>2</sub>	E
		(PFD)		
1	052PT-908A	0,541	231,570	0,0326
2	052FV-911A	0,473	176,751	0,0255
3	052PT-905A	0,436	196,883	0,0159
4	052PT-939A	0,434	221,493	0,0018
5	052FV-901A	0,426	217,015	0,0007
6	052FV-903A	0,425	211,417	0,0007
7	052TT-901A	0,413	186,828	0,0006
8	052FT-904A	0,377	186,806	0,0047
9	052PIC-911A	0,340	192,404	0,0049
10	052FT-911A	0,333	221,493	0,0076
11	052HIC-921A	0,333	217,015	0,0075
12	052FT-903A	0,305	201,362	0,0142
$\Sigma$		4,836	2461,036	0,1166

$$b = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - [\sum x_i][\sum y_i]}{n \sum x_i^2 - [\sum x_i]^2} = 0,0002$$

$$a = \frac{\sum y_i - b \sum x_i}{n} = 0,238$$

$$y = a + b \cdot x$$

$$y = 0,238 + 0,0002 \cdot x$$

$$U = 0,108$$

*Halaman ini memang dikosongkan*

**LAMPIRAN C**  
**Karakteristik produk dari Boiler**

**Boiler PT. Pertamina RU IV Cilacap**

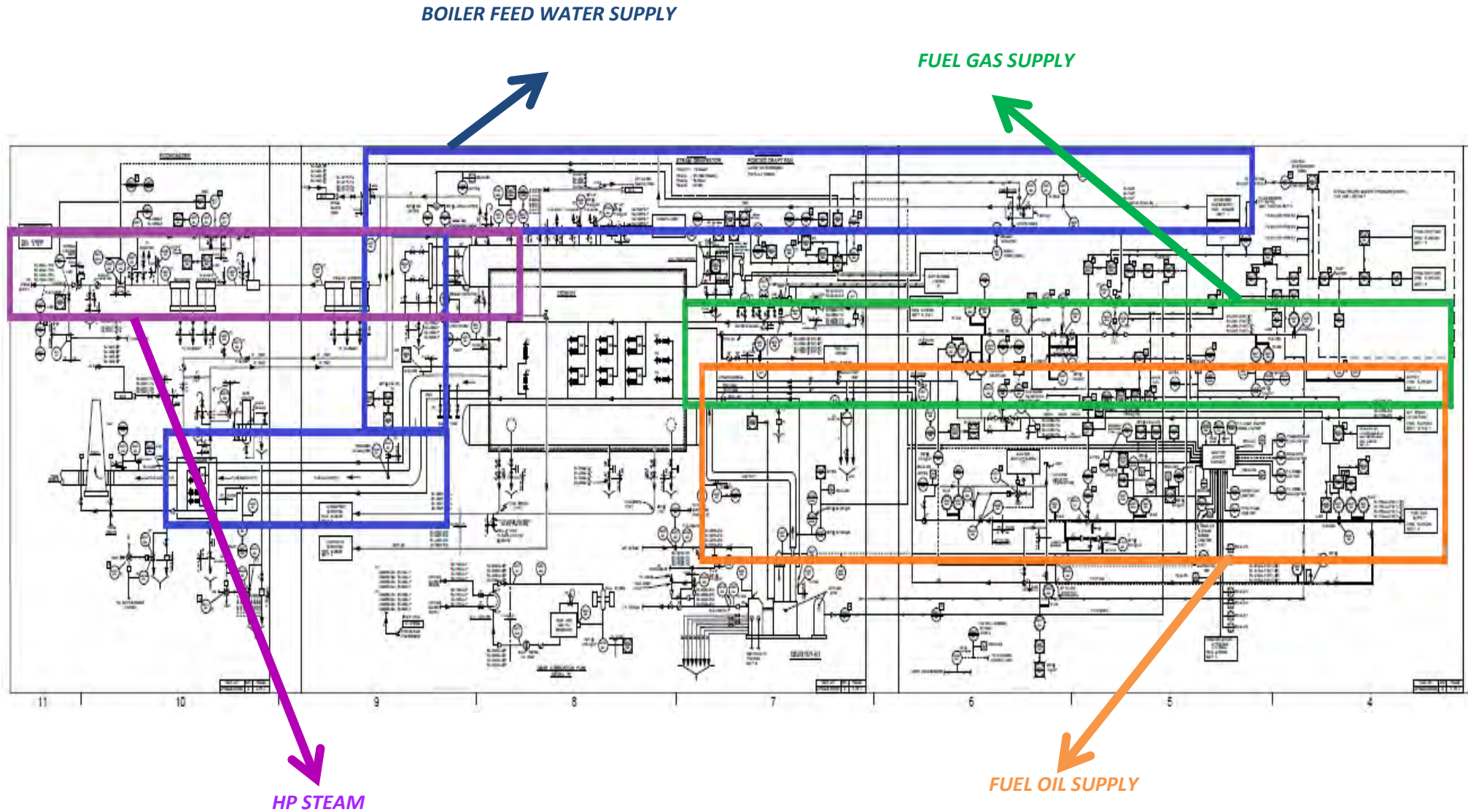
Steam Generator : 115 T/H  
Design Pressure : 55 kg/cm<sup>2</sup>G  
Operating Pressure : 43 kg/cm<sup>2</sup>G  
Steam Temperature : 380 °C  
Contractor : CONSORTIUM REK & TOYO

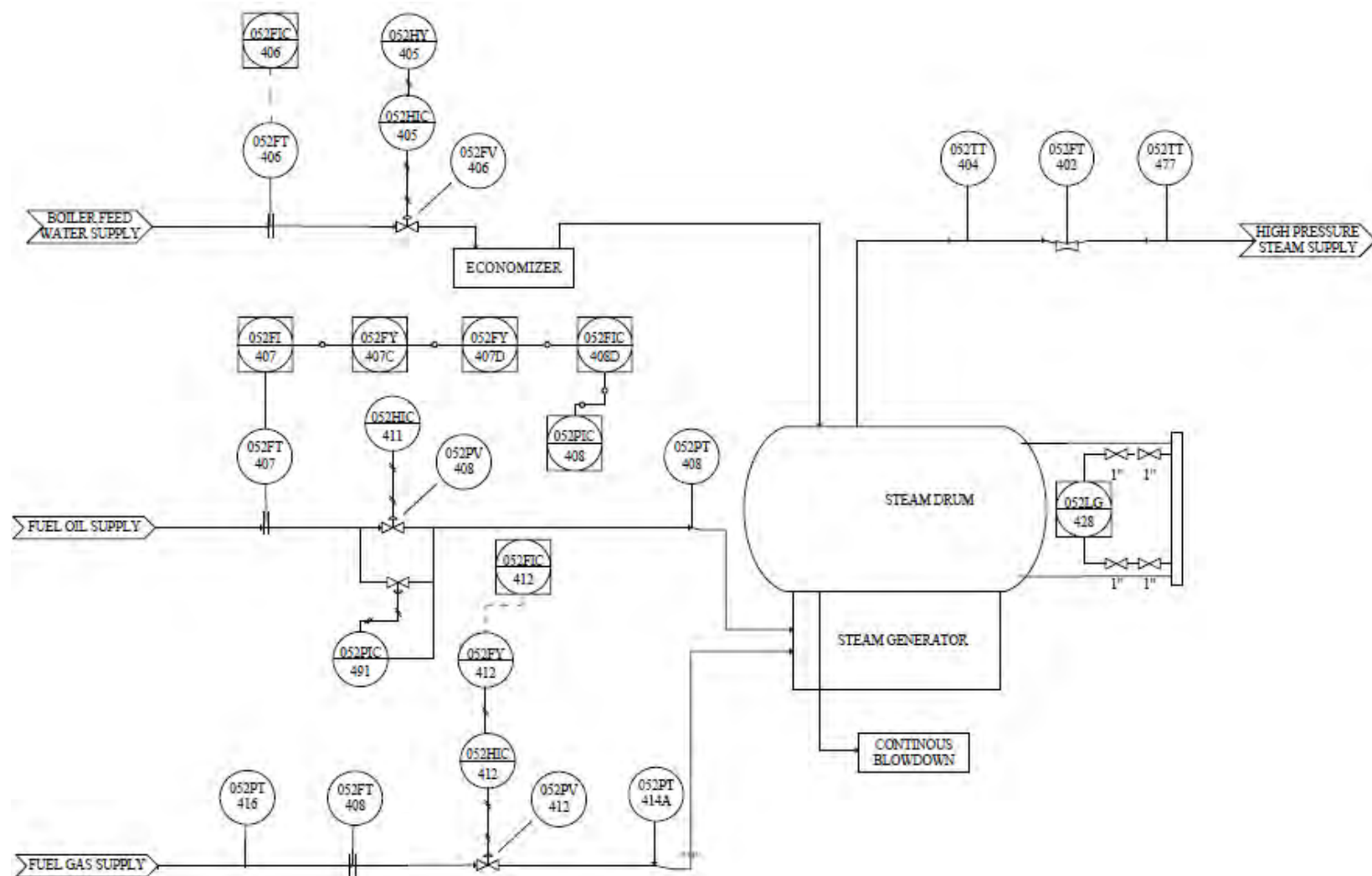
**Boiler PT. Pertamina RU VI Balongan**

Steam Generator : 115 T/H  
Design Pressure : 55 kg/cm<sup>2</sup>G  
Operating Pressure : 43 kg/cm<sup>2</sup>G  
Steam Temperature : 380 °C  
Contractor : CONSORTIUM REK & TOYO

*Halaman ini memang dikosongkan*

**LAMPIRAN D**  
**PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM OF BOILER 052B-104**





# **LAMPIRAN E** **PIPING AND INSTRUMENT DIAGRAM OF BOILER 0525A**

